

Der Forschungsverbund Umwelttechnik der TU Clausthal

Leschonski, Kurt

Veröffentlicht in:
Jahrbuch 1987 der Braunschweigischen
Wissenschaftlichen Gesellschaft, S.135-142



Verlag Erich Goltze KG, Göttingen

Der Forschungsverbund Umwelttechnik der TU Clausthal

Univ.Prof. Dr.-Ing. Kurt Leschonski

Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Umweltverfahrenstechnik,
Technische Universität Clausthal

1. Einführung

Aus den Rohstoffen dieser Erde werden vor allem durch Verfahren und Methoden der Stoff- und Energieumwandlung Produkte des menschlichen Bedarfs, d.h. Konsumgüter aller Art, hergestellt.

Bei den Verfahren der physikalischen und chemischen Stoffumwandlung werden beispielsweise aus natürlichen Rohstoffen neue Produkte mit anderen physikalischen bzw. chemischen Eigenschaften erzeugt (vgl. Abb. 1):

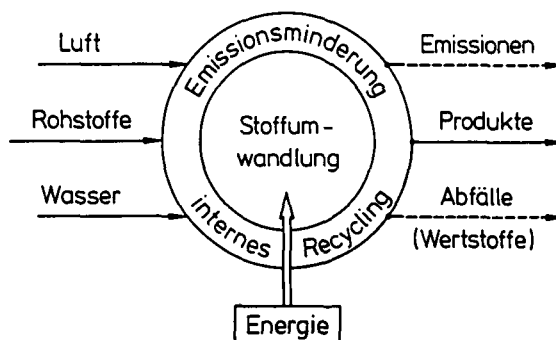


Abb. 1: Stoffumwandlung

Aus Gründen der Prozeßführung benötigen viele dieser Verfahren eine meist beachtliche Menge an Luft oder Wasser sowie darüber hinaus vielfach auch eine beträchtliche Menge an Energie. Im Verlauf des Stoffumwandlungsprozesses fällt bei grobdispersen Stoffen das Endprodukt meist in einem Gas- oder Flüssigkeitsstrom an, so daß die disperse, d.h. partikuläre Phase von der kontinuierlichen Phase durch einen geeigneten Trennapparat zu entfernen ist. Im molekulardispersen Bereich ist die Situation vergleichbar, die Methoden der Phasentrennung unterscheiden sich jedoch wesentlich von denen für grobdisperse Partikel.

Das angestrebte Ziel einer hundertprozentigen Phasentrennung läßt sich aus vielerlei Gründen, die sich von Aufgabenstellung zu Aufgabenstellung unterscheiden, zum gegenwärtigen Zeitpunkt leider noch nicht erreichen, so daß bei jeder Stoff- und Energieumwandlung neben dem erwünschten Produkt auch Schadstoffe oder Abfälle ent-

stehen, die entweder direkt in der Produktionsstätte als Abfälle anfallen oder als Emissionen in die Umgebung abgegeben werden.

Es sind im wesentlichen drei Aufgabenbereiche, der sich die gegenwärtige und zukünftige Hochschul- und Industrieforschung noch stärker widmen muß als bisher. Diese sind:

- a) *die Minderung von Schadstoffemissionen und Abfällen,*
- b) *die umfassendere Verwertung von Wertstoffen aus Abfällen,*
- c) *die risikolosere Deponie von nicht verwertbaren Abfällen.*

Bei einer vereinfachten Darstellung der damit verbundenen Aufgabenstellungen kann man folgende Grobstruktur verwenden, der auch die Clausthaler Umweltforschung folgt:

1) primäre Minderung von Schadstoffemissionen und Abfällen:

Dabei ist man bemüht, die Prozesse der Stoff- bzw. Energieumwandlung so zu verändern, zu verbessern, und zu optimieren, daß, bei einem Endprodukt mindestens gleicher Qualität, weniger, bzw. nach Möglichkeit keine Schadstoffe sowie Abfälle entstehen oder an nachgeschaltete Entsorgungseinrichtungen abgegeben werden. Diese Aufgabe läßt sich, wenn überhaupt, meist nur durch prozeßintegrierte Maßnahmen, z. B. durch eine andere Prozeßführung, durch Verwendung anderer Rohstoffe oder durch ein möglichst umfassendes, internes Recycling von Schadstoffen und Abfällen erzielen. Die *prozeßintegrierte Entsorgung* verlangt deshalb Änderungen am Stoff- und Energieumwandlungsprozeß selbst. Sie läßt sich nur verwirklichen, wenn das Verständnis der physikalischen und chemischen Grundprozesse soweit vorgeschritten ist, daß korrigierende Eingriffe und unter Umständen völlig neue Wege zum gleichen, oder einem verbesserten Endprodukt führen. Diese Aufgabenstellung erfordert unter anderem auch die grundlagenorientierte Erforschung von Einzelphänomenen verfahrenstechnischer Prozesse, die auf den ersten Blick keine oder nur geringe Umweltrelevanz besitzen.

2) sekundäre Minderung von Schadstoffemissionen und Abfällen:

Unabhängig von der durch prozeßintegrierte Entsorgung erreichten Emissionsminderung lassen sich Schadstoffe und Abfälle nicht völlig vermeiden. Diese Schadstoffe fallen meist in Gas- oder Flüssigkeitsströmen an, die nur zum Teil in den Prozeß zurückgeführt werden können. Die im molekular- bzw. grobdispersen Bereich der Partikelgrößen anfallenden Schadstoffe müssen deshalb aus den in die Umgebung abgegebenen Luft- und Wasserströmen möglichst quantitativ, d. h. vollständig entfernt werden. Die zur Abscheidung, d. h. Phasentrennung von molekular-, bzw. grobdispersen Partikeln verwendeten Trennapparate sind deshalb weiter zu verbessern, bzw. diese sind unter Bedingungen zu betreiben, die eine bessere Trennung der Phasen und damit eine Minderung der Schadstoffemissionen ermöglichen. Es ist zu beachten, daß dieser Wunsch nach besserer Abscheidung in den meisten Fällen mit einem höheren, physikalisch begründeten und unvermeidbaren Energieverbrauch verbunden ist, so daß eine aus ökologischen Gründen noch

zumutbare Schadstoffemission vielfach mit einer aus wirtschaftlichen Gründen noch vertretbaren Leistungsaufnahme im Wettbewerb steht. Viele technische Lösungen umweltrelevanter Fragestellungen sind deshalb Optimierungsprobleme, deren Randbedingungen für den planenden und ausführenden Ingenieur weder einfach zu definieren noch festzulegen sind.

3) Verwertung von Wertstoffen aus Abfällen, Minderung des Deponievolumens:

Bei vielen Prozessen der Stoff- und Energieumwandlung lassen sich Abfälle nicht vermeiden. Die meisten der in einem Produktionsprozeß anfallenden Abfälle bestehen aus Wertstoffen, die erneut als Rohmaterial in die Produktion eingebracht werden. Diese Rückführung wird in der Industrie schon aus Gründen der Wirtschaftlichkeit, wo immer möglich, praktiziert. Man versucht weiterhin, die bei der Produkterzeugung anfallenden, nicht zurückführbaren Abfälle zu minimieren, bzw. deren Sammlung und Entsorgung zu gewährleisten. Ein sehr viel größeres Abfallvolumen fällt jedoch, z.B. als Hausmüll und als Schrott unterschiedlichster Art an. Dieser Abfall besteht meist aus einem Gemisch unterschiedlichster Wertstoffe, die vielfach zusammen mit organischen Verunreinigungen vorkommen. Erst die Trennung, d.h. die Sortierung dieser Gemische in ihre Wertstoffkomponenten führt zu einer sich anschließenden, wirtschaftlichen Wieder-, bzw. Weiterverwertung. Der wirtschaftliche Wert des aus einem derartigen Recyclingprozeß gewonnenen, weitgehend reinen Produktes, hängt von dem Gehalt und der Art eventuell noch vorhandener Restverunreinigungen ab. Ein Beispiel ist der Shredderschrott von Automobilen, der aus Stahl, verschiedenen Nichteisenmetallen und allen anderen bei der Herstellung von Automobilen verwendeten Stoffen besteht. Darüber hinaus fallen jedoch auch bei Maßnahmen zur Minderung von Schadstoffemissionen Abfälle an. Ein Beispiel ist die Erzeugung von Rauchgasgipsen bei Prozessen der Energieumwandlung. Diese Abfallstoffe sind ebenfalls vielfach Wertstoffe, die natürlich vorkommende Rohstoffe ersetzen können. Sie weisen aber meist infolge von Verunreinigungen einen geringeren Wert als das Naturprodukt auf. Der Entfernung dieser Verunreinigungen kommt für die wirtschaftliche Nutzung derartiger Abfallprodukte eine hohe Bedeutung zu.

4) Deponie nicht verwertbarer Abfälle:

Nur mit unverhältnismäßig großen Kosten aufbereitbare Abfälle aus Verwertungsprozessen oder nicht rückführbare Abfälle der Stoff- und Energieumwandlung müssen an einem sicheren Ort deponiert bzw. abgelagert werden. Stoffe und Stoffgemische, die sich zumindest zum gegenwärtigen Zeitpunkt entweder mit nicht vertretbaren Kosten einer Verwertung zuführen lassen oder aber, für die noch keine physikalischen bzw. chemischen Verfahren der Verwertung bekannt, entwickelt oder erprobt sind, sollten ohne Schädigung der Umwelt, d.h. ohne oder mit vernachlässigbaren Emissionen an einen sicheren ober- oder unterirdischen Ort verbracht und dort gelagert werden. Neben Fragen der gesicherten Deponieanlage sind insbesondere Fragen der Durchlässigkeit von Böden, d.h. der Migration oder des Transports von Flüssigkeit durch poröse Schichten von Interesse.

5) **Schadstoffanalytik, Abfallanalytik:**

In den genannten Gruppen sind Schadstoffemissionen nur erkennbar, wenn sie durch eine geeignete Analytik auch meßbar geworden sind. Der Trend zum Nachweis immer kleinerer Schadstoffemissionen und deren möglichst automatische, prozeßbegleitende Messung führt deshalb heute vor allem zur Entwicklung neuer, meßtechnischer Verfahren und Geräte, sowie deren Anwendung auf traditionelle oder neue Meßgebiete.

2. Forschungsthemen der CUTEK

Es sind im wesentlichen diese fünf übergeordneten Arbeitsgebiete, die die Clausthaler Umweltforschung bisher beschäftigt haben und voraussichtlich auch in Zukunft beschäftigen werden. Fragen der Immissionen von Schadstoffen, Ursachen des Waldsterbens usw. stehen, begründet durch die vorhandenen Arbeitsgebiete der Institute, nicht im Vordergrund unserer umweltrelevanten Forschung. Die in Clausthal in Bearbeitung befindlichen Vorhaben haben im Sommersemester 1986 dazu geführt, daß sich 64 von 104 Hochschullehrern zu einer Arbeitsgruppe:

„Forschungsverbund Umwelttechnik der TU Clausthal, kurz CUTEK“ genannt, zusammengeschlossen haben.

Die Präambel der Ordnung der Arbeitsgruppe führt unter anderem aus, daß im Vordergrund der Forschungsaktivitäten, entsprechend der bevorzugt naturwissenschaftlich-ingenieurwissenschaftlichen Ausrichtung der Clausthaler Institute, fast immer die Minderung von Emissionen und die Minderung, Verwertung und Ablagerung von Abfällen und Sekundärrohstoffen, sowie die Anwendung und Entwicklung prozeßrelevanter Meßtechnik steht.

Gemäß dem bereits vorliegenden 1. Band „Forschungsthemen“, der einen Abriß der derzeitigen und teilweise auch der geplanten Clausthaler Umweltforschung gibt, wurden diese Themen zu insgesamt 14 Schwerpunkten zusammengefaßt, auf die im folgenden kurz, in geänderter Reihenfolge und aus Zeitgründen auch nur zum Teil eingegangen wird.

Die nachstehend angegebenen Forschungsschwerpunkte der CUTEK:

- *umweltverträgliche verfahrenstechnische und metallurgische Prozeßtechnik zur Minderung von Emissionen,*
- *umweltverträgliche Verbrennung von schadstoffbelasteten Brennstoffen,*
- *schadstoffarme Verbrennung in Kraftfahrzeugmotoren,*
- *Luft- und Wasserreinhaltung,*

umfassen eine breite Palette von speziellen Anwendungsgebieten, bei denen gasförmige Emissionen aus sehr unterschiedlichen Verbrennungsprozessen, wie sie z.B. bei der Energieumwandlung oder bei Antriebsmotoren von Kraftfahrzeugen auftreten,

vermindert werden sollen. Dementsprechend finden sich Arbeiten zur Stickoxid- und Schwefeldioxid-Minderung aus Abgasen, wie sie beispielsweise,

- bei der Beheizung von Industrieöfen und bei anderen Produktions- und Feuerungsprozessen,
- bei der Verbrennung von schwersiedenden Erdölfraktionen und Erdölrückständen,
- sowie beim Abbrennen des Rußes von Dieselmotoren

auftreten, im Katalog der Forschungsthemen. Andere Arbeiten betreffen:

- die Entschwefelung von Rauchgas der Kohlevergasung in einer heißen Schlackenschmelze,
- die Stickoxid- und Schwefeldioxid-Minderung von Rauchgasen mittels eines verbesserten Aktiv-Kokses,
- die Analyse von Kohlenmonoxid-, Kohlendioxid- und Stickoxid-Emissionen aus Ottomotoren usw.

Wieder andere Arbeiten betreffen:

- die katalytische Nachbehandlung der Abgase von Ottomotoren, sowie
- die Entstehung von Formaldehyd und seine Vermeidung in den Abgasen von Alkoholmotoren.

Diese der Luftreinhaltung zuzuordnenden Untersuchungen ergänzen andere Forschungsarbeiten, die sich insbesondere mit der Reduzierung der Emission fester, bzw. flüssiger, partikelförmiger Verunreinigungen beschäftigen. Sie betreffen die Entwicklung neuer, bzw. die grundlegende Untersuchung bekannter Trennverfahren. Sie beinhalten deshalb auch die Ermittlung von Partikelbahnkurven als Basistheorie der Entstauber, und sie umfassen die für diese Berechnungen erforderlichen Grundlagen.

Dem Clausthaler Forschungsangebot im Bereich der Erdölforschung entsprechend, wird, z. B. an der chemischen Abtrennung von Metallverbindungen aus Erdöl, insbesondere von Vanadiumverbindungen gearbeitet. Ein anderes Forschungsthema, aus dem Bereich des Recycling, behandelt die Regeneration von gebrauchten Schmierölen im Hinblick auf eine Minderung der Konzentration von Chlorverbindungen, insbesondere von polychloriertem Biphenylen (PCB).

Der Bereich der Wasserreinhaltung beinhaltet Arbeiten zur Phasentrennung von Erdöl/Wasser-Emulsionen durch Flotation bei der Entölung von ölverschmutzten Sanden, sowie Arbeiten aus der Bioverfahrenstechnik. Dabei wird z. B. die biologische Reinigung von kommunalen und industriellen Abwässern in einem speziellen, in Clausthal entwickelten Bioreaktor untersucht. Weitere Arbeiten betreffen die Abtrennung von Bakterien von gereinigtem Abwasser.

Einen breiten Raum der Clausthaler Umweltforschung nehmen die Forschungsschwerpunkte:

- *Recycling, d. h. die Verwertung von Wertstoffen aus Sekundärrohstoffen und Abfällen,*
- *Minderung des Deponievolumens,*

- *Ablagerung von toxischen und radioaktiven Abfällen in Untergrunddeponien und Deponien, sowie der*
- *Bodenschutz, und die Grundwasser und Altlastsanieerung*

ein. Die im Bereich des Recycling durchgeführten Arbeiten betreffen unter anderem spezielle, in Clausthal entwickelte Sortiervverfahren zur Gewinnung von dispersen, d. h. partikelförmigen Wertstoffen aus Abfällen, wie beispielsweise aus Hausmüll, aus zerkleinerten PkWs, Altreifen, Kabelschrott, Kunststoffmischungen usw. Auch das Recycling von hochwertigen und seltenen reinen Metallen sowie von Produktionsschrott wird bearbeitet. Einen ähnlich breiten Raum nehmen Forschungsvorhaben ein, die sich mit der Wiederverwertung von Gesteinsabfallmehlen, Flugaschen und Rauchgasgipsen befassen.

Weitere Arbeiten betreffen die Wiedergewinnung von Aluminium und von Buntmetallen aus Schlacken und Räumaschen.

Um die bei der Gewinnung von Steinkohle und von Erzen zu Tage geförderten Berge wiederzuverwenden und die damit verbundenen Halden sowie spätere Bergschäden zu vermeiden, wird der Versatz dieser Berge nach Zugabe von Bindemitteln, wie Zement, zu deren Verfestigung untersucht.

Die Fachbereiche Geowissenschaften, sowie Bergbau und Rohstoffe beschäftigen sich schon seit vielen Jahren mit dem Problemkreis der Deponien und damit verbundenen Fragestellungen. Insbesondere den Problemen bei der Herstellung und dem Betrieb von kammerartigen Großräumen in Salzstöcken sind einige Forschungsthemen gewidmet. Stellvertretend seien genannt:

- die Studie der verfahrenstechnischen Zusammenhänge bei der bergmännischen Herstellung von kammerartigen Großräumen in Salinen;
- Drucktests zur Untersuchung der Dichtigkeit des Mantels von unterirdischen Kavernen;
- das Festigkeits- und Fließverhalten von Steinsalzproben aus Salzstöcken;
- das Fließverhalten von Salz- und Sedimentgestein unter veränderlichen Spannungen und Temperaturen;
- die Untersuchung der Spurenelementgehalte in Salzen mit besonderer Berücksichtigung der Endlagerhorizonte, oder
- Deformationsmessungen und -analysen zur Beurteilung der mechanischen Beanspruchung der Barriere Gebirge im Falle eines Endlagerbergwerkes.

Weitere Arbeiten betreffen die Dichtigkeit des Mantels unterirdischer Kavernen, den Feuchtigkeitstransport in geringpermeablen Schichten, die Wechselwirkung zwischen migrierenden Fluiden und porösen Gesteinskörpern, die Filtervorgänge bei Flüssigkeitsbewegungen im Porenraum von Fest- und Lockergesteinen und der künstlich forcierten Bildung von Grundwasser für Wasserreservoir.

Zwei weitere Forschungsschwerpunkte umfassen:

- *die umweltrelevante physikalische und chemische Analyse und Analysenverfahren, sowie*

- *die Minderung, Erfassung und Meßtechnik von Lärmemissionen.*

Die Analysenverfahren betreffen Erzanalysen zur Typisierung lateritischer Erze, zur kontinuierlichen Messung von Aldehydemissionen und zur kontinuierlichen Probenahme und Messung von dispersen Schadstoffen bzw. Abfällen. Der oft als störend empfundene Lärm und seine Messung sind Gegenstand weiterer Arbeiten.

Die Forschungsthemen:

- *umweltverträgliche Verfahren der Rohstoffgewinnung, -verarbeitung und -veredelung,*
- *Umweltschutz-Kostenrechnungen,*
- *umweltverträgliche Stoffe und Werkstoffe,*
- *Energieeinsparung, Nutzung von Abfallenergieträgern, sonstige Energien,*
- *Pyrolyse, und*
- *Immissionsschadensforschung,*

umfassen etwa ein Viertel aller Forschungsthemen.

Im erstgenannten Bereich stehen die Synthese, die Eigenschaften und die Abtrennung von Schwefel, der in Form von anellierten Thiophenen im Erdöl vorkommt, sowie die Möglichkeit der Entfernung von Schwefel aus Kohle im Vordergrund.

Im Forschungsschwerpunkt „umweltverträgliche Stoffe und Werkstoffe“ wird beispielsweise die wirtschaftliche Erzeugung von Methyltertiärbutyläther als Ersatz für Bleitetraethyl als Antiklopfmittel in Kraftstoffen, und der Ersatz von radioaktivem Thorium in hochwarmfesten Magnesiumlegierungen bearbeitet. Bei der Lagerung von in Glas eingeschmolzenen radioaktiven Abfällen in Steinsalz müssen Behälter verwendet werden, die gegenüber heißen konzentrierten Salzlösungen beständig sind. Während ein Forschungsthema die Korrosionskinetik von niedrig legierten Stählen und von nickelhaltigen Gußstählen betrifft, die als Behältermaterial verwendet werden, wird in einer anderen Arbeit mit elektrochemischen Methoden das Korrosionsverhalten dieser Behälterwerkstoffe auf Eisen-, Nickel- und Titanbasis untersucht. Um den Einsatz von Asbest in Asbestzement zu vermeiden wurde ein Faserzement entwickelt, bei dem die Asbestbewehrung entweder durch kunstharzbeschichtetes Glasfasergittergewebe oder durch Holzspäne bzw. Zellulosefasern ersetzt wurde.

Im letzten größeren Forschungsschwerpunkt wurden solche Forschungsthemen zusammengefaßt, die sich im weitesten Sinne mit Methoden der Energieeinsparung und der Nutzung von Abfallenergieträgern auseinandersetzen. So sollen unter anderem sogenannte thermoelektrische Materialien verbessert werden, um die Nutzung industrieller Abwärme zu verbessern. Weitere Arbeiten betreffen:

- *die Untersuchung einer bivalenten, mit einem Gasmotor betriebenen Luft-Wasser-Wärmepumpe,*
- *die Betriebsoptimierung einer Müllpyrolyseanlage,*
- *die pyrolytische Entsorgung von Siedlungsabfall, Sonderabfall und Klärschlamm, sowie*

- die Nutzung von pflanzlichen Rohstoffen zur Holzkohleproduktion im Sudan am Beispiel von Wasserhyazinthe und von Baumwollstrüngen.

Im Bereich der Immissionsschadensforschung sollten die Clausthaler sicherlich bestrebt sein, durch weitere Arbeiten auf sich aufmerksam zu machen. Zur Ehrenrettung können wir jedoch ein Forschungsthema, das sich mit der Untersuchung der Korrosion historischer Gläser in industriell belasteten Atmosphären beschäftigt, vorweisen.

3. Schluß

Wir haben die Arbeitsgruppe mit dem Ziel gegründet, um unter anderem die fachliche Zusammenarbeit zwischen den Professoren und den Wissenschaftlern der Institute der Technischen Universität Clausthal zu verbessern und den interdisziplinären Gedankenaustausch in den überaus komplexen, wissenschaftlichen Fragestellungen der Umwelttechnik zu fördern. Wir hoffen, damit die Kooperation zwischen den Instituten zu verbessern und unser wissenschaftliches Denken über den engeren, eigenen fachlichen Horizont hinaus zu erweitern. Wir möchten aber auch die Ergebnisse unserer Forschung einer breiteren Öffentlichkeit als bisher im Rahmen von Vortragsveranstaltungen, Poster- und Geräteausstellungen und Veröffentlichungen zur Verfügung stellen.

Wir haben durch die Gründung der Arbeitsgruppe „Forschungsverbund Umwelttechnik“ bereits vorher bestehende umweltrelevante Clausthaler Forschungsaktivitäten zusammengefaßt. Wir hoffen, daß das Gespräch und das verstärkte Miteinander weitere Arbeiten initiieren werden, so daß sich der Gründungsaufwand irgendwann einmal auszahlt, oder aber unser Beispiel weitere Hochschulkollegen zu ähnlichen Aktivitäten stimuliert.